植物分类学报 36(2):111～118(1998)
Acta Phytotaxonomica Sinica

刺五加开花后雌蕊的发育状态与受精作用*

[1]刘林德 [1]王仲礼 [2]田国伟 [1]申家恒
[1](山东烟台师范学院生物系 烟台 264025) [2](北京大学生命科学学院 北京 100871)

THE DEVELOPMENT OF GYNOECIUM AFTER ANTHESIS AND FERTILIZATION IN *ELEUTHEROCOCCUS SENTICOSUS* (ARALIACEAE)

[1]LIU Lin-De [1] WANG Zhong-Li [2] TIAN Guo-Wei [1] SHEN Jia-Heng**
[1](*Department of Biology, Yantai Normal University, Shandong*, Yantai 264025)
[2](*College of Life Sciences, Peking University*, Beijing 100871)

Abstract The development status of gynoecia in *Eleutherococcus senticosus* flowers is different from that in ordinary plants. Female gametophytes of *E. senticosus* have not become mature until the 6th day after anthesis. On the 6th day, 82.25% of embryo sacs in female plants, and 67.25% of those in hermaphroditic plants become mature, while the rest are sterile, immature or degenerated with no fertilized embryo sacs observed. At the same time, all embryo sacs degenerated and flowers withered in male plants. On the 7th day, a few embryo sacs in female and hermaphroditic plants start being fertilized. Accompanying the differentiation of embryo sacs, styles of female and hermaphroditic flowers start to expand and their nectaries become mature gradually. After the 4th or 6th day of anthesis, stigmatic papillae become conspicious and stigmata become white and open. In the meantime, the stigmata become receptive and the nectaries get active or reactive. By the 9th or 10th day, 40～65% of embryo sacs in female plants and 25～41% of those in hermaphroditic plants have been fertilized. The whole process of fertilization in *E. senticosus* was observed. About 2 or 3 days after pollination, the two sperm nuclei start to fuse with the egg and the secondary nucleus. The fertilization of *E. senticosus* belongs to the premitotic type of syngamy. The essential process of the fusion of male and female nuclei during syngamy may be generalized as follows: (1) the contacting of male nucleus with the female one; (2) the fusion of nuclear membranes between the male and female nuclei; (3) the despiralization of male spireme and the appearance of male nucleolus inside the fertilized female nucleus; (4) the dispersion of male chromatin and the mergence with the female chromatin, which is the sign of completion of the fusion of the two nuclei. In addition, degeneration types of mature embryo sacs were observed. And typical polyspermy and a series of cases in which extra sperms enter the embryo sac are recorded.

Key words *Eleutherococcus senticosus*; Gynoecium development status; Mature embryo sacs; Fertilization; Polyspermy

摘要 刺五加 *Eleutherococcus senticosus*(Rupr. et Maxim.)Maxim.植株在开花后雌配子体的发育状态与一般植物不同在于:雌配子体在开花当天均未成熟,在开花后经4～5天才发育成熟。开花第6天,雌株

* 国家自然科学基金重大项目(3939150)和一般项目(39470130)资助课题。
** 通讯联系人 Author for correspondence.
1997-06-29 收稿,1997-10-03 收修改稿。

和两性株的成熟胚囊百分率各为82.25%和67.25%，其余为未育、败育、退化或未成熟胚囊，未观察到已受精的胚囊；而此时，雄株的雌配子体退化、花朵全部脱落。伴随着胚囊的分化，刺五加雌株和两性株的花柱逐渐延长，蜜腺渐趋成熟。开花后4～6天，乳突细胞发育，柱头开始外翻；此后，蜜腺分泌花蜜，柱头进入可授期。开花第7天，胚囊开始受精。开花后9～10天，雌株已受精的胚囊占胚囊总数的40～65%，两性株已受精的胚囊占胚囊总数的25～41%。刺五加花粉萌发至雌雄性核融合的间隔期约为2～3天。刺五加的双受精过程与一般被子植物基本相同。其受精作用属于有丝分裂前配子融合类型。此外，还观察了成熟胚囊退化的类型，观察到多余花粉管进入胚囊以及两个精子与卵受精、两个精子与次生核融合的图象。

关键词 刺五加；雌蕊发育状态；成熟胚囊；受精作用；多精受精

受精作用是植物胚胎学近代研究中比较受重视的一个问题(胡适宜，1982)。我国植物学工作者在该领域也做过不少工作(管亦农，樊汝汶，1996)。然而，有关五加科植物的受精作用仅见人参有较详细报道(连永权，申家恒，1989)。本文是刺五加生殖生物学研究的一部分，在以前工作的基础上，重点报道刺五加3种性别类型的植株在开花后雌配子体的发育状态以及花粉在雌花柱头上萌发直至雌雄性核融合这一全过程的有关观察结果。

1 材料和方法

刺五加材料采自黑龙江省尚志市境内的东北林业大学帽儿山森林生态站(东经127°30′～127°34′，北纬45°20′～45°25′)。自1993年至1996年，每年6月中旬到8月下旬取刺五加主花序上不同发育时期的花蕾、小花及初果，用FAA或卡诺固定液固定，爱氏苏木精整体染色，常规石蜡法制片，切片厚度6～8 μm。Olympus-BH2型光学显微镜下观察并摄影。

2 观察结果

2.1 不同性别的刺五加植株在开花后胚囊的发育状态和比率

2.1.1 雌株开花后胚囊的状态和比率

从表1可以看出，雌株开花当天96.07%的胚囊尚未成熟，其余的3.93%为未发育或败育胚囊。这表明其胚囊需要在开花后再发育一段时间才能成熟。开花4天后，成熟胚囊所占比率逐渐上升；到第6天时，成熟胚囊的数目占观察胚囊总数的82.25%，但仍未发现有受精的胚囊。开花后第7天，开始出现受精的胚囊。随着时间的推移，受精胚囊比率增高；与此同时，退化胚囊所占比率也相应增加。开花9天以后，受精胚囊占胚囊总数的40%～65%，如果考虑到此时的成熟胚囊还有可能受精以及胚和胚乳发育过程中存在一定比率的败育，那么，最终的饱满种子率与实测值36.4～68.6%相接近(刘林德等，1997b)。退化胚囊的百分比随开花时间延长有增加趋势，开花9天以后，大致稳定在32～53%之间。通常情况下，退化胚囊是成熟胚囊未经受精而自行退化的结果。由此看来，雌株开花后雌配子体因未受精而退化是降低刺五加结籽率的原因之一。

2.1.2 两性株开花后胚囊的状态和比率

刺五加两性株在开花当天花粉成熟并散出，而86.28%的胚囊尚未发育成熟，余下的13.72%是未发育或败育的胚囊。大约经过4～5天，未成熟的胚囊发育为成熟胚囊，表明

表1　刺五加雌株开花后胚囊的状态及比率(根据1996年7月固定的材料)
Table 1　The development status and ratio of embryo sacs after blooming of female plants in *Eleutherococcus senticosus* (According to the material fixed in July, 1996)

开花后天数 Days after blooming	胚囊状态 Status of embryo sac										合计 Total
	败育胚囊 Sterile embryo sac		未成熟胚囊 Immature embryo sac		成熟胚囊 Mature embryo sac		受精胚囊 Fertilized embryo sac		退化胚囊 Degenerated embryo sac		
第1天 1st day	20	3.93%	489	96.09%	0		0		0		509
第4天 4th day	12	8.33%	19	13.19%	105	72.91%	0		8	5.55%	144
第5天 5th day	6	3.99%	3	2.00%	123	82.00%	0		18	12.00%	150
第6天 6th day	2	3.22%	3	4.83%	51	82.25%	0		6	9.67%	62
第7天 7th day	7	4.28%	7	4.29%	125	76.68%	5	3.06%	19	11.65%	163
第8天 8th day	22	10.23%	3	1.39%	112	52.09%	34	15.81%	44	20.46%	215
第9天 9th day	13	4.65%	0		3	1.09%	121	44.16%	137	50.00%	274
第10天 10th day	25	7.22%	0		14	4.04%	346	65.16%	146	42.19%	531
第11天 11st day	16	5.41%	0		6	12.03%	117	39.66%	156	52.88%	295
第12天 12nd day	52	7.17%	0		4	0.55%	433	59.80%	235	32.45%	724

两性花是典型的雌雄异熟类型。两性株与雌株的相似之处在于都是开花后第7天开始出现受精胚囊。开花9天后，受精胚囊维持在25～41%左右；退化胚囊维持在20～30%左右。两性株与雌株的不同之处在于两性株败育胚囊的比率在26～39%之间，远高于雌株2～10%的水平。上述结果不难看出，两性株受精胚囊的比率较雌株为低，败育胚囊的比率远远高于雌株，这从另一侧面反映出两性株在进化过程中似乎有向雄株演化的趋势。

表2　刺五加两性株开花后胚囊的发育状态及比率(根据1996年7月固定的材料)
Table 2　The status and ratio of embryo sacs after blooming of hermaphrodite plants in *Eleutherococcus senticosus* (According to the material fixed in July, 1996)

开花后天数 Days after blooming	胚囊状态 Status of embryo sac										合计 Total
	败育胚囊 Sterile embryo sac		未成熟胚囊 Immature embryo sac		成熟胚囊 Mature embryo sac		受精胚囊 Fertilized embryo sac		退化胚囊 Degenerated embryo sac		
第1天 1st day	7	13.72%	44	86.28%	0		0		0		51
第6天 6th day	49	28.66%	7	4.09%	115	67.25%	0		0		171
第7天 7th day	38	31.66%	2	1.66%	71	59.16%	3	2.50%	6	5.00%	120
第8天 8th day	63	39.62%	3	1.88%	44	27.67%	44	27.67%	5	3.14%	159
第9天 9th day	134	43.78%	2	0.65%	8	2.61%	72	25.52%	90	29.41%	306
第10天 10th day	127	36.80%	0		9	2.60%	143	41.44%	66	19.13%	345
第11天 11st day	46	35.65%	0		3	2.32%	47	36.43%	33	25.58%	129

2.1.3　雄株开花后胚囊的状态和比率

如表3所示，刺五加雄株的雌蕊，在开花当天，未成熟胚囊占观察总数的91.48%。开花第4天，退化胚囊所占比率已达83.67%，成熟胚囊仅占4.43%。此时，可以看到花

粉在柱头上萌发以及花粉管长入花柱中，但未发现花粉管进入胚囊的现象。与雌株、两性株相比较，雄株在开花第4至6天，子房逐渐脱落。其胚囊退化不是由于未授粉所致，因为人工授粉条件下其并不座果(刘林德等，1997b)，推测是由不育基因所控制，所以雄株为雌性不育植株。

表3 刺五加雄株开花后胚囊的状态及比率(根据1996年7月固定的材料)
Table 3 The status and ratio of embryo sacs after blooming of male plants in *Eleutherococcus senticosus* (According to the material fixed in July, 1996)

开花后天数 Days after blooming	胚囊状态 Status of embryo sac										
	败育胚囊 Sterile embryo sac		未成熟胚囊 Immature embryo sac		成熟胚囊 Mature embryo sac		受精胚囊 Fertilized embryo sac		退化胚囊 Degenerated embryo sac		合计 Total
第1天日 1st day	37	8.52%	397	91.48%	0		0		0		434
第4天 4th day	134	8.61%	27	1.73%	69	4.43%	0		1327	83.67%	1557

2.2 花柱形态与结构

雌株和两性株的花柱呈长圆柱形。开花时，花柱长度在1.5～2.2 mm之间。开花2～4天，花柱伸长至2.5～3.5 mm；此时，柱头的乳突细胞不明显(图版Ⅰ:1)，其上没有花粉萌发的痕迹。开花4～6天，乳突细胞发育，柱头开始外翻(图版Ⅰ:2)，此后，蜜腺分泌花蜜，可以见到萌发的花粉或花粉萌发的痕迹(图版Ⅰ:3)。开花后7～9天，柱头外翻明显(图版Ⅰ:4)，清晨常可见柱头表面具乳白色分泌物，故刺五加柱头为湿性。柱头开始外翻表明其进入可授期，也是胚囊开始成熟的外部标志。

刺五加的花柱为闭合型。从花柱的纵切面观察，其引导组织分化不明显(图版Ⅰ:1～4)。花粉管可以在引导组织内细胞之间向下生长。花柱中的花粉管数目大约为6～28条。花粉管的前端为半球形，两个精子呈圆球形或椭球形(图版Ⅰ:5)，花粉管的后部形成胼胝质塞。

雄株的花柱较短，约0.81～1.00 mm. 花粉管可以长入花柱，个别可以长至珠孔塞部位。花粉管呈膨大状，未见到进入胚囊的花粉管。

2.3 胚囊的结构

2.3.1 开花当天胚囊的发育状态

开花当天，雌株和两性株雌蕊内的胚囊为未成熟胚囊(见表1，表2)，大部分处于七细胞八核或七细胞七核阶段。其结构特点为：卵器未分化完全，两个助细胞和卵细胞的极性不明显，卵细胞质里尚未积累淀粉粒。两个极核相靠或融合(图版Ⅰ:6)，胚囊体积尚未进一步扩大，合点端可见退化的反足细胞。

2.3.2 成熟胚囊的结构

受精前的成熟胚囊由一个卵细胞、两个助细胞和一个具次生核的中央细胞组成(图版Ⅰ:7)。反足细胞早已退化，偶尔在胚囊的合点端可见其解体后的痕迹。

卵细胞梨形，极性明显，中央被大液泡占据，卵核位于合点端，染色较浅，其内毫无例外的只有一个核仁。卵核周围稀薄的细胞质内有淀粉粒。助细胞的极性与卵细胞相反，细胞核为圆球形，位于珠孔端，丝状器染色不明显。两极核已融合为次生核，位于卵细胞

下方，其内只有一个大核仁。助细胞和中央细胞的细胞质内均未见淀粉粒贮藏。

2.4 双受精过程

经花柱长入子房的花粉管，在珠孔塞的位置长入珠孔，破坏一个助细胞而释放出两个精子及其内容物。精子为圆球形，染色较浅，光镜下难以识别雄性核仁，精核被细胞质鞘包被(图版Ⅰ:8～10)。释放于胚囊中的两个精子，分别与卵核和次生核融合，二者几乎同时发生，或后者稍早。精核与次生核的融合速度明显快于精核与卵核的融合速度。自花粉在柱头上萌发至雌、雄性核融合的间隔期约为 2～3 天。

2.4.1 卵细胞受精

刚释放于助细胞中的两个精子通常位于卵细胞一侧(图版Ⅰ:10)。随后两个精子分开，分别向卵细胞与次生核方向移动。图版Ⅰ:11 显示圆球状的精核位于卵核的上方，精核的核膜与卵核的核膜相接触。图版Ⅰ:12 示精核以透镜状附在卵核一侧，两核核膜相汇处染色较深。随后，精核染色质在卵核内分散(图版Ⅰ:13～14)。此时，另一精核已与次生核融合结束，形成的初生胚乳核向胚囊中部移动(图版Ⅰ:14)。图版Ⅰ:15 示精核染色质在卵核内进一步分散后出现小雄性核仁。图版Ⅰ:16～17 示雄性核仁的体积逐渐增大，但卵细胞的体积明显缩小。图版Ⅰ:18 显示合子内两个雌雄性核仁大小几乎相等。图版Ⅰ:19 显示雌雄性核仁融合之后，合子的细胞核内存在一个大核仁。合子内雌雄性核仁的融合最早发生于四个胚乳游离核时期，大部分合子里的雌雄性核仁的融合发生于 32 个胚乳游离核时期，少数合子在分裂之前保持二个核仁的状态，不发生雌雄性核仁的融合。图版Ⅰ:20 示即将分裂的合子，呈长袋状延长，处于胚乳细胞包围之中，合子核周围被淀粉粒以及深染物质所包围。

2.4.2 次生核受精

图版Ⅱ:1 示移向次生核的精子。图版Ⅱ～2 示精核位于次生核一侧，尚未与次生核的核膜接触。随后，精核呈透镜状附着在次生核上(图版Ⅱ:3)。精核与次生核融合之后，精核的染色质逐渐在次生核内分散(图版Ⅱ:4～7)。图版Ⅱ:8～9 示刚出现的雄性核仁逐渐增大。图版Ⅱ:10 示雌雄性核仁已融合为一个大核仁，初生胚乳核即将进行分裂。

根据上述情况，可以认为刺五加的受精作用属于有丝分裂前配子融合类型。

2.5 多精入胚囊及双精受精现象

在整个受精过程以及原胚发育初期，经常可以见到多余花粉管进入胚囊而将多个精子释放于胚囊之中的现象。图版Ⅰ:12 显示精核与卵核即将融合时，有 2 个多余的精子位于卵细胞的侧面。图版Ⅱ:11～12 是同一切片的不同光切面，在图版Ⅱ:11 中可以清晰区分出次生核内有 3 个大小不等的核仁：大核仁是雌性核仁，稍小的核仁与图版Ⅱ:9 中的雄性核仁相近；次生核的左上角染色质正在分散，同时出现一个小核仁。推测这是两个精核先后与次生核发生融合的结果。图版Ⅱ:12 可以清晰地显示卵核的形态，其雌性核仁明显，在其合点端的细胞质里存在一个染色很深的精核，在该精核与雌性核仁之间的卵核核膜内侧，明显可见染色质正在向卵核内分散，推测这是另一个精核，它先于卵细胞质中的精核与卵核发生了融合，只是尚未出现雄性核仁。根据精核与次生核融合的速度明显快于精核与卵核融合速度的一般规律，推测这是 2 对精子分别与次生核以及卵核进行受精的图象。

2.6 成熟胚囊的退化

在雌株和两性株中,因花粉不足不能实现受精而导致成熟胚囊退化的情况占有很大比率。成熟胚囊退化的方式主要有两种:常见的一种是两个助细胞先退化,细胞核由正常的圆球形变为变形虫形,细胞质染色加深(图版Ⅱ:13),随后液泡消失,细胞解体。卵细胞随之收缩、解体,次生核核膜呈现不规则的凹凸状(图版Ⅱ:14~17)。图版Ⅱ:18中,助细胞已消失,只余下即将解体的变形的卵核和次生核。少数成熟胚囊的退化是从卵细胞和次生核开始的,图版Ⅱ:19~20示卵细胞和次生核的核质减少、染色加深、体积缩小、核膜变形。随后,次生核与卵细胞逐一解体,助细胞最后解体。

3 讨 论

刺五加为单全异株植物。其植株具有3种类型,即雄株(长花丝植株、雄性可育、雌性不育)、雌株(短花丝植株、雄性不育、雌性可育)和两性株(中花丝植株、雄性半可育、雌性可育)。在开花当天,雄株和两性株的雄蕊散出三细胞的成熟花粉,而雌株和两性株的雌蕊尚未成熟。这清楚地表明刺五加是雄蕊先熟植物,必将行异花传粉。另外,从开花后胚囊的发育状态和比率的统计结果来看,两性株受精胚囊的比率较雌株低,未育、败育和异常胚囊的比率远远高于雌株;这从另一侧面反映出两性株在进化的过程中似乎有向雄株演化的趋势,而刺五加这一物种可能正处于由两性花向雌、雄异花,由两性株向雌、雄异株进化的接近完成的阶段(刘林德等,1997a,1997b)。这可能是植物交配系统进化中,由花丝异长和花柱异长导致性别分离乃至雌雄异株的一个较典型的例子(郭友好,1994)。

从胚囊状态的统计结果还可看出,刺五加雌配子体的发育步调并不整齐一致。刺五加是异花传粉植物,其花期恰逢当地雨季,如果其雌配子体同时成熟、又恰遇阴雨天气,其结籽率必定很低。所以,我们推测,这种发育步调不一致的现象应该是长期适应异花传粉及当地环境的结果,在刺五加的进化上有一定的积极意义。

不同性别的刺五加植株都有一定比率的退化胚囊,造成胚囊退化的原因有多种。在雌株和两性株中,成熟胚囊退化的原因之一是柱头未接受到花粉或未接受到足量的花粉,可育雌蕊无法受精而不得不陆续退化,从而导致结籽率降低;亦即,刺五加雌株和两性株座果率低的原因之一是传粉不足。这从受精生物学角度也给我们以启示:传粉媒介不足或气候条件恶劣使受精作用不能进行,花期适时辅以人工放蜂,人为增加传粉者,无疑是提高刺五加结籽率的有效措施。在雄株,雌性不育可能是由不育基因调控的,因为人工授粉也无法使其座果结籽,只能使其子房稍微变绿、稍有膨大,之后不久仍脱落(刘林德等,1997b)。

刺五加的双受精过程与其它许多被子植物相同(连永权,申家恒,1989;申家恒等,1987,1986,1983;van Went & Willemse,1984;申家恒,1983;胡适宜,1982;胡适宜,朱澄,1979)。其受精作用属于有丝分裂前配子融合类型。与人参相似,在花粉管将两个精子释放于胚囊后,刺五加次生核与精核的融合是在远离卵细胞的运动过程中完成的,二者以浓厚的原生质索与卵细胞相联系(连永权,申家恒,1989)。

通常,一个胚囊只进入一个花粉管,但已在许多植物中发现多余花粉管进入胚囊并进而引起双精或多精入卵的情况(管亦农,樊汝汶,1996;Johri & Ambegaokar,1992;申家

恒等，1986；徐汉卿，1986；胡适宜，1982；陈梅生，常桂菊，1980；陈梅生，蒋继良，1974；吴素萱，蔡起贵，1965；Maheshwari，1950）。在刺五加中，也发现数例两个或多个花粉管先后进入胚囊的现象，一般是第一个花粉管释放的精子分别与卵和次生核融合，第二个花粉管释放的两个精子保留在胚囊中。后者的命运及其对合子和初生胚乳核的影响并不清楚。多精入卵的现象，前人有过报道（胡适宜，1982；陈梅生，蒋继良，1974；吴素萱，蔡起贵，1965；Maheshwari，1950），其判断依据一般有二：一是受精后的卵核或中央细胞核中是否有数个核仁；二是能否获得三倍体植物。以前的报道中，均未提供多精受精时雌、雄性核融合时的细胞学图象。本研究中，所有观察过的成熟胚囊的卵细胞和次生核内，均只有一个雌性核仁，排除存在多核仁的可能。所以，我们看到的二个精子与卵受精、二个精子与次生核融合的图象，直观表明在刺五加中存在双精受精现象。至于现存刺五加群体中是否有三倍体植株，仍需要进一步调查研究。

参 考 文 献

申家恒，1983. 大豆受精作用的研究. 植物学报，25(3)：213～219

申家恒，王谱，李慧蓉，殷华，1983. 春小麦受精过程及其各阶段持续时间的研究. 作物学报，9(2)：79～83

申家恒，李慧蓉，韩晓华，王谱，1986. 甜菜受精作用的观察. 植物学报，28(3)：251～255

申家恒，李慧蓉，李玉芬，殷华，连永权，1987. 玉米双受精过程的细胞学观察. 植物学报，29(5)：480～485

刘林德，王仲礼，田国伟，申家恒，1997a. 刺五加花的形态学及雄蕊异长现象的观察. 植物分类学报，35(1)：1～6

刘林德，王仲礼，田国伟，申家恒，1997b. 刺五加的有性生殖与营养繁殖. 植物分类学报，35(1)：7～13

吴素萱，蔡起贵，1965. 水稻（*Oryza sativa* L.）双受精过程的细胞学观察. 植物学报，13(1)：114～126

连永权，申家恒，1989. 人参胚胎学研究. 植物学报，31(9)：653～660

陈梅生，常桂菊，1980. 甘兰型油菜受精过程的细胞学观察. 中国油料，(3)：26～32

陈梅生，蒋继良，1974. 水稻（*Oryza sativa* L.）的受精作用. 遗传学报，1(2)：181～191

胡适宜，1982. 被子植物胚胎学. 北京：人民教育出版社

胡适宜，朱澄，1979. 高等植物受精作用中雄性核和雌性核的融合. 植物学报，21(1)：1～10

徐汉卿，1986. 落葵的受精过程和胚胎发育. 植物学报，28(4)：361～367

郭友好，1994. 传粉生物学与植物进化. 见：陈家宽，杨继主编，植物进化生物学. 武汉：武汉大学出版社. 232～280

管亦农，樊汝汶，1996. 受精. 见：陈机主编，植物发育解剖学（下册）. 济南：山东大学出版社. 132～147

van Went J L, Willemse M T M, 1984. Fertilization. In: Johri B M ed. Embryology of Angiosperms. Berlin: Springer-Verlag. 273～317

Johri B M, Ambegaokar K B *et al*, 1992. Comparative Embryology of Angiosperms. Berlin: Springer-Verlag. 48～51

Maheshwari P, 1950. An Introduction to Embryology of Angiosperm. New York: McGraw-Hill Book Comp. 203～208

图版说明　Explanation of plates

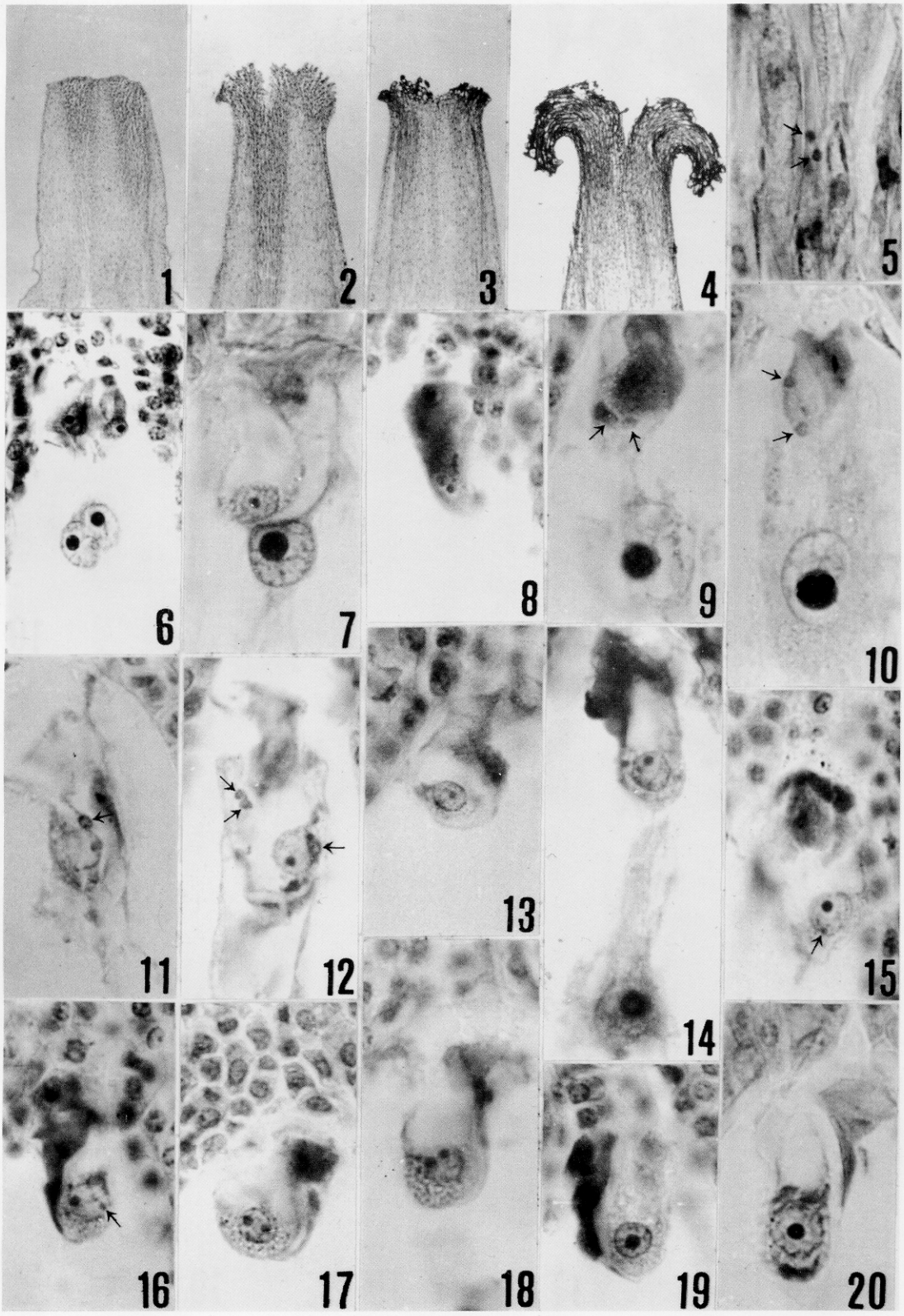
图版Ⅰ　1. 柱头的乳突细胞不明显；2. 乳突细胞发育，柱头开始外翻；3. 柱头上可见花粉萌发的痕迹；4. 柱头外翻明显；5. 示花粉管中的两个精子；6. 尚未成熟的胚囊，卵器刚分化出来，两个极核正在融合；7. 成熟胚囊；8～10. 刚释放的精子；11. 位于卵核上方的精子；12. 精核以透镜状贴在卵核核膜上，卵细胞外侧有2个多余精子；13～14. 精核染色质在卵核内分散，次生核受精后向胚囊中央移动；15～17. 卵核里出现雄性核仁并增大；18. 合子中两个雌雄性核仁大小几乎相等；19. 合子内的雌雄性核仁融合为一个大核仁；20. 即将分裂的合子。（1～4. ×70；5. ×600；6～20×800）

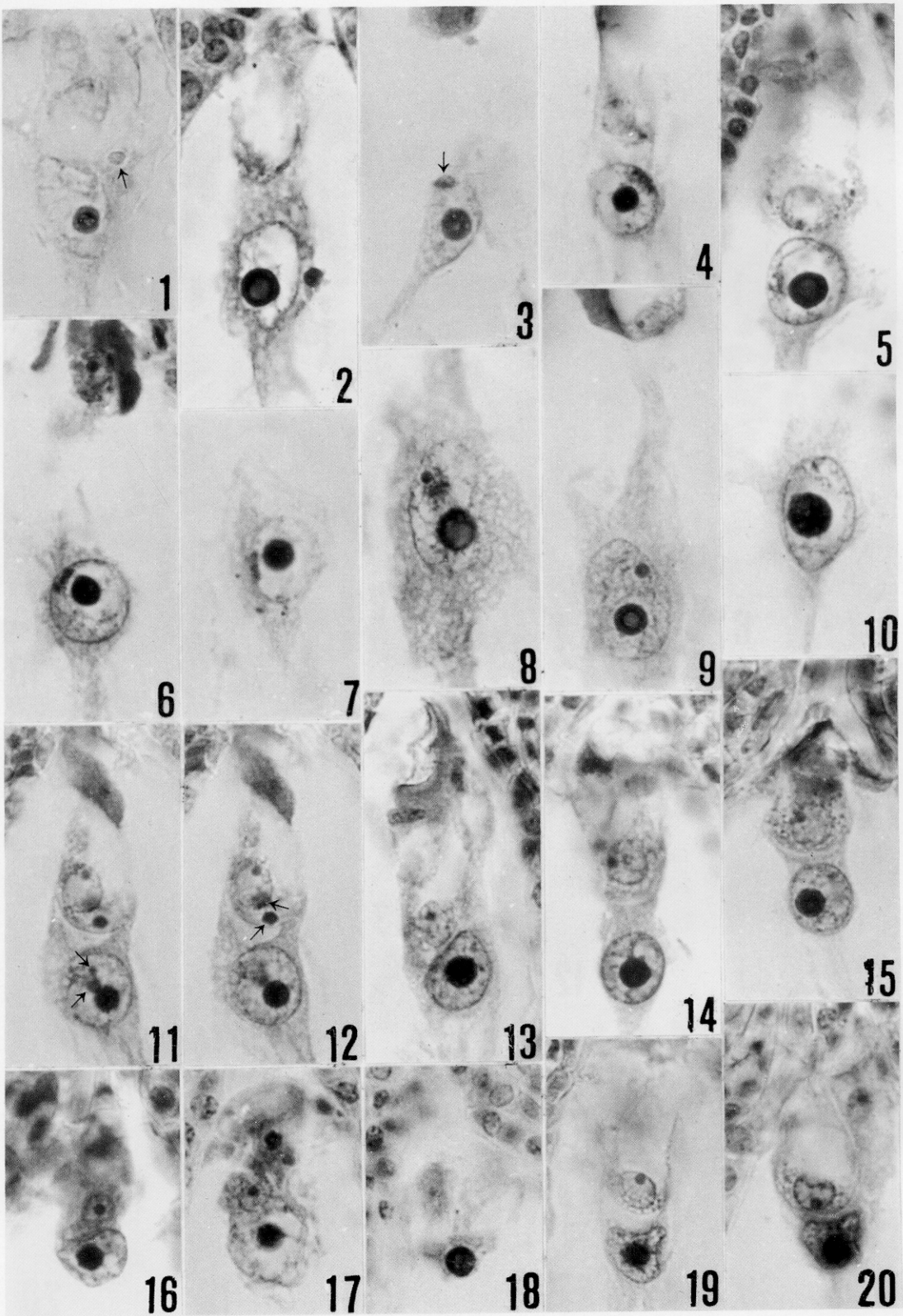
图版Ⅱ　1. 一个精子向次生核移动，隐约可见精子的细胞质鞘；2. 次生核一侧的精核；3. 精核以透镜

状贴在次生核的核膜上；4～7. 精核染色质在次生核内分散，尚未出现雄性核仁；8～9. 雄性核仁在次生核内出现并增大体积；10. 初生胚乳核；11～12. 两对精核分别与次生核、卵细胞融合；13. 两个助细胞先行退化；14～17. 助细胞解体后，卵细胞、次生核逐渐解体；18. 完全退化的胚囊；19～20. 次生核与卵细胞先行退化。(1～20. ×800)

Plate Ⅰ 1. Stigmatic papillae unconspicious; 2. Stigmatic papillae developing and the stigma becoming open; 3. The trace of germination of pollen grains on stigma can be seen; 4. The stigma opened widely; 5. Two sperms in pollen tube; 6. Unfledged embryo sac, with egg apparatus not fully developed and two polar nuclei fusing; 7. Mature embryo sac; 8～10. Sperms just discharged into the embryo sac; 11. A sperm sited at the egg nucleus; 12. A convex sperm in contact with the egg nucleus. Two surplus sperms at a distance from the egg; 13～14. Sperm chromatin diffused in the egg nucleus. The fertilized secondary nucleus moved to the centre of the embryo sac; 15～17. One male nucleolus in the fertilized egg nucleus and gradually enlarged; 18. Two nucleoli in the fertilized egg nucleus; 19. In the fertilized egg nucleus, two nucleoli fused; 20. A zygote. (1～4. ×70; 5. ×600; 6～20×800)

Plate Ⅱ 1. A sperm of which cytoplasm sheath can be seen dimly moving to the secondary nucleus; 2. A sperm beside the secondary nucleus; 3. A convex sperm coming into contact with the secondary nucleus; 4～7. The fertilized secondary nucleus with diffused sperm chromatin, the male nucleolus undiscernible; 8～9. A fertilized secondary nucleus with further diffused sperm chromatin, one male nucleolus enlarging gradually; 10. A primary endosperm nucleus; 11～12. Two pairs of sperms fusing with the egg and the secondary nucleus separately; 13. Two synergids disintegrated before the secondary nucleus and the egg did; 14～17. The egg and secondary nucleus disintegrated gradually; 18. A fully degenerated embryo sac; 19～20. The secondary nucleus and the egg degenerated before synergids. (1～20. ×800)


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20